

EGYES MAGYARORSZÁGI ERDŐK EKTOMIKORRHIZÁI

Jakucs Erzsébet
MTA doktori értekezés tézisei



Eötvös Loránd Tudományegyetem
Biológiai Intézet
Növény szerkezettani Tanszék

2008

I. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az erdők fái és gombái közötti kapcsolatok egyik fontos típusa az ektomikorrhiza, a növények gyökereinek mutualista együttélése bazídiumos vagy tömlősgombákkal. Az északi félteke szubboreális és mérsékeltövi területeinek nagy részét borító tűlevelű és lombos erdőket főként ektomikorrhiza-képző fák alkotják, de jelentősek ezek a szimbiózisok a trópusi erdőkben is.

A fás növények növekedésében és fejlődésében az ektomikorrhiza-képzés elsőrendű szerepet játszik. A gyökéren kialakuló gombaköpeny és a hozzá csatlakozó hatalmas felületű hifahálózat a nagymennyiségű víz mellett olyan anyagok felvételét és átadását is biztosítja a talajból a növény számára, amelyeket az maga nem képes felvenni, és védő hatást fejt ki bizonyos mérgező anyagokkal és kórokozó szervezetekkel szemben. Az ektomikorrhizás gombák viszont csak a gyökérrel együtt élve képesek termőtesteket létrehozni. A mikorrhizát tehát komplex kapcsolatrendszernek tekinthetjük, amely mind a növény, mind a gombapartner fitneszét növeli. Az erdők talajában a gombamicéliumok mindent átszövő és minden növényvel kapcsolatban álló szövetéke döntően befolyásolja a fák állapotát. Mivel a mikorrhizás gomba micéliuma nagy területen behálózza a talajt, több növényvel alkothat szimbiózist egyszerre. A hifákon keresztül anyagátadás történik a különböző növényegyedek között is, ami lehetővé teszi az anyagáramlást egy adott élőhely különböző egyedei között és az életközösséget fizikailag és funkcionálisan egységes hálózatba szervezi („wood wide web”). A genetikailag heterogén micéliumrendszerek mozaikszerű mintázata biztosítja a talajban a növények számára a különböző mikrokörnyezetek optimális kihasználását és ezzel fokozza az életközösség stabilitását. Ezért van különös jelentősége annak, hogy alaposan feltárjuk a természetes növénytársulások rhizoszféráját alkotó fajok együttesét

és meghatározzuk az adott erdőtípusra jellemző ektomikorrhizák minőségi és mennyiségi összetételét. Az eddigi eredmények arra mutatnak, hogy az eltérő éghajlati viszonyok között és különböző talajokon kialakuló erdőtársulások jellegzetes mikorrhiza-együttesekkel jellemezhetők.

Az ektomikorrhizák megismerésének csupán a kezdetén tartunk, hiszen a feltételezett 6-8000 ektomikorrhizaképző gombafaj szimbiózisai közül morfológiai és taxonómiai szempontból mindössze alig ötszázat jellemeztek részletesen. Ezek az alapkutató jellegű vizsgálatok elsődlegesen rendszertani értékűek, hiszen a gombák mikorrhizája a faj egyik, sajátos funkcióval rendelkező megjelenési formáját képviseli, amelyet (az anamorfákhoz hasonlóan) specifikus morfológiai képletek kialakulása jellemez. A gombafaj leírásához és szerepének tisztázásához tehát nem elég a termőtestek vizsgálata, hanem hozzá tartozik a talajban fejlődő, rejtett alak morfogenetikai és funkcionális ismerete is. Ma még kevésbé ismerjük az ektomikorrhizák diverzitását és abundanciáját az egyes erdőtársulásokban. A faji struktúra ismerete nélkül azonban nem lehet részletesebb mennyiségi és funkcionális vizsgálatokat végezni. Mivel az eddigi eredmények egyöntetűen azt mutatják, hogy a mikorrhizák talajban való jelenléte és gyakorisága nem mutat korrelációt a termőtestekével, a termőtestek felmérésén alapuló következtetések megtévesztők. Emiatt az ektomikorrhiza-képző gombák elterjedésének, gyakoriságának és ökológiai jelentőségének értékelése csak közvetlenül a talajból vett gyökérminták vizsgálata alapján történhet. A fajok meghatározása a mikroszkópos és a molekuláris módszerek együttes alkalmazásával lehet hatékony.

Indokolt, hogy Magyarországon is fokozott figyelmet fordítsunk a természetes erdőtársulások ektomikorrhizáinak megismerésére, annál is inkább, mivel ilyen vizsgálatok 1996 előtt még nem történtek hazánkban. Az eredmények nemzetközi szempontból is érdeklődésre tarthatnak számot, mert eddig kevés

adat van a Kárpát-medencére jellemző éghajlati- és földrajzi viszonyok között kialakuló növénytársulásokból. A téma gyakorlati szempontból is fontos, mert a mesterséges ektomikorrhizák erdészeti felhasználása jelentős gazdasági haszonnal járó és egyben természetközeli, környezetkímélő módszer, amelyet ma már világszerte elterjedten alkalmaznak, a hazai erdészeti gyakorlatban azonban még nem terjedt el.

A disszertáció fő célkitűzései:

1. Bemutatjuk és részletes morfológiai-anatómiai leírással, valamint képdokumentációval jellemezzük az elsőként hazánk területéről kimutatott, eddig ismeretlen huszonegy ektomikorrhizát.
2. Ismertetjük különböző magyarországi erdők egyes erdőalkotó fáinak (*Populus alba*, *Quercus spp*, *Fagus sylvatica*) gyakori és jellegzetes ektomikorrhizáit.
3. Beszámolunk az egyes ektomikorrhiza-típusok előfordulására és relatív gyakoriságára vonatkozó vizsgálatainkról alföldi nyárasokban, tölgyesekben, homokpusztagyepekben és hegyvidéki bükkösökben gyűjtött talajmintákban.
4. Részletesebben ismertetjük a mérsékeltövi lombos erdők egyik gyakori szimbionta gombacsoportja, a *Tomentella*-nemzetség ektomikorrhizáinak morfológiai-anatómiai sajátosságait és összefoglaljuk egyes hazai tomentelloid mikorrhizák, köztük hét új morfortípus, molekuláris taxonómiai meghatározásának eredményeit.
5. Megvitatjuk a mesterséges ektomikorrhizák gyakorlati felhasználásának és hazai erdészeti alkalmazásának lehetőségeit és problémáit.

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavétel és gyűjteménykezelés

1998 és 2008 között Magyarország területéről évente több alkalommal és több helyszínről vettünk ektomikorrhizákat tartalmazó talajmintákat. Az Alföldön négy mintavételi területet jelöltünk ki. A Kiskunsági Nemzeti Park déli részén Tompa és Kelebia határában egy-egy fehér nyáras állományban, a fülöpházi homokpusztagyepben és a Hortobágyi Nemzeti Park püspökladányi területén egy ültetett tölgyesben végeztünk vizsgálatokat. 2002-2008 között három autochton bükkös állományból gyűjtöttünk ektomikorrhizákat: a Bükk-Őserdő és a Kékes-Észak rezervátumokból, valamint az Őrségi Nemzeti Parkból.

A területek talajának felső, szerves anyagban gazdag rétegéből random módon kb. 20 cm élű talajkockákat vágunk ki. A gyökereket tartalmazó talajmintákból az ektomikorrhizákat folyóvízben történő mosással tisztítottuk meg és sztereomikroszkóp alatt, vízben válogattuk szét morfortípusok szerint. A növénypartnert a gyökér fagyasztott mikrotómos metszete alapján azonosítottuk. A mikroszkópi feldolgozáshoz a mikorrhizákat FEA-ban, a DNS-alapú vizsgálatok céljára CTAB pufferben fixáltuk. Az egyes ektomikorrhiza morfortípusokat sorsszámmal láttuk el és a publikált anyagok fixált referenciamintáit a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárának (BP) gyűjteményében helyeztük el.

Mikroszkópos módszerek

Az ektomikorrhizák morfológiai-anatómiai vizsgálatát az általánosan elfogadott Agerer-féle mikroszkópos módszertani protokoll szerint végeztük, amely során a következő eljárásokat alkalmaztuk:

- az ektomikorrhiza elágazási rendszerek morfológiai vizsgálata sztereomikroszkóppal

- a köpeny és a rhizomorfák hisztokémiai színreakcióinak vizsgálata sztereo- és fénymikroszkóppal
- a köpenyszerkezet, a kiágazó hifák, a rhizomorfák és cisztídiumok anatómiai vizsgálata interferencia-kontraszt mikroszkóppal (Nomarski-DIC)
- a Hartig-háló vizsgálata műgyantába ágyazott mikorrhizákból készült félvékony metszeteken fáziskontraszt mikroszkóppal (PhC)
- a mikorrhizák és a köpeny egyes rétegeinek autofluoreszcencia vizsgálata fluoreszcens mikroszkóppal
- mikroszkópi rajzok és fotodokumentációk készítése
- esetenként egyes morfológiai képletek vizsgálata aranyozott preparátumokon scanning elektronmikroszkóppal (SEM)

A relatív gyakoriság becslése

Bár nem végeztünk a mintaterületekre érvényes kvantitatív felméréseket, a talajmintákon belül Gardes és Bruns szemikvantitatív módszerével meghatároztuk az egyes ektomikorrhiza morfortípusok relatív gyakoriságát. A következő négy abundancia- kategóriát állítottuk föl: *minor komponens*, *kisebbségi kodomináns*, *többségi kodomináns* és *domináns*. Ezek az adatok tájékoztató jellegűek a vizsgált erdei közösségekben a gazdanövények mikorrhiza-együtteseinek jellegzetes tagjaira vonatkozóan.

Molekuláris meghatározási módszerek

Az ektomikorrhizák molekuláris módszerrel történő meghatározást az rDNA ITS régió vizsgálata alapján végeztük. A DNS kinyerése és amplifikálása során Gardes és mts. CTAB-os eljárását követtük. A PCR-rel történő amplifikálást az ITS4-ITS1f primerpárokkal

végeztük. Néhány ektomikorrhiza azonosítása a termőtest és a mikorrhiza amplikonjának RFLP-vel történő összehasonlításával történt, a többségüket azonban szekvenciaanalízissel határoztuk meg. A DNS-szekvenciák szerkesztését, pontosítását a GeneStudio™ Professional programcsomag 1.03.59 verziójának Contig editor alprogramjával végeztük el. A GenBank adatbázisból a minta-szekvenciákhoz közeli szekvenciákat BLAST algoritmussal kerestük ki, majd ezeket ClustalX program felhasználásával illesztettük a saját szekvenciáinkkal.

A mikorrhizák rendszertani kapcsolatainak felderítéséhez távolság és karakter alapú módszereket egyaránt felhasználtunk. Mindkét típusú filogenetikai elemzést a PAUP* program 4.0 beta verziója segítségével végeztük. Az algoritmikus neighbor-joining módszer esetében Hasegawa, Kishino és Yano szubsztitúciós modelljén alapuló távolságindexet (HKY85) alkalmaztuk. A filogenetikai fák statisztikai próbáját bootstrap-analízissel végeztük.

III. EREDMÉNYEK

A magyarországi erdők ektomikorrhiza közösségeinek tíz évvel ezelőtt indult kutatása során elért eredményeinket négy fő csoportba sorolhatjuk.

1. Új ektomikorrhiza-leírások

Huszonegy ektomikorrhiza-kapcsolatot elsőként írtunk le, jellemeztünk és dokumentáltunk morfológiai és anatómiai módszerekkel Magyarország területéről. Ezek a következők:

Meghatározott ektomikorrhizák:

Genea verrucosa Vitt. + *Quercus robur* L.

Hebeloma ammophilum Bohus + *Fumana procumbens* (Dun.) Gr. Godr.

Inocybe heimii Bon + *Fumana procumbens* (Dun.) Gr. Godr.

Lactarius controversus Pers. + *Populus alba* L.
Rhizopogon vulgaris var. *intermedius* Svrcek + *Pinus nigra* L.
Russula amoenolens Romagn. + *Populus alba* L.
Scleroderma bovista Fr. + *Populus alba* L.
Tomentella pilosa (Burt.) Bourdot & Galzin + *Populus alba* L.
Tomentella stiposa + *Populus alba* L.
Tomentella subtestacea Bourdot & Galzin + *Populus alba* L.
Tuber rapaeodorum Tul. + *Populus alba* L.
Xerocomus lanatus (Rostk.) Sing. + *Quercus cerris* L.

Meghatározatlan, nem tomentelloid ektomikorrhizák:

„*Fagirhiza vermiculiformis*” + *Fagus sylvatica* L.
„*Helianthemirhiza hirsuta*” + *Helianthemum ovatum* (Viv.) Dun
„*Quercirhiza albo-violacea*” + *Quercus robur* L.
„*Quercirhiza fibulocystidiata*” + *Quercus* spp.(=*Tomentella galzinii*)

Meghatározatlan tomentelloid ektomikorrhiza morfortípusok (Mt)

Tomentella sp. Mt 3
Tomentella sublilacina-szerű Mt 4
Tomentella sp. Mt 5
Tomentella stiposa-szerű Mt 8
Tomentella sp. *fuscocinerea*-szerű Mt 9

2. Magyarországi erdők életközösségeinek jellemző ektomikorrhizái

1998 óta folyamatosan vizsgáljuk egyes, hazánkban jelentős erdőtípusok (alföldi nyárasok és tölgyesek, valamint montán bükkösök) néhány társulásalkotó fafájának (*Populus alba*, *Quercus robur*, *Q. cerris*, *Q. petraea*, *Fagus sylvatica*) a legfontosabb ektomikorrhiza-kapcsolatait. Az erdőalkotó fákon kívül a száraz gyepekben, félsivatagi viszonyok között és homokdűnéken

élő törpecserjék (pl. Cistaceae-fajok) is képezhetnek ektomikorrhizát. A fülöpházi homokpusztagyepben élő fásszárú törpecserjékről (*Fumana procumbens* és *Helianthemum ovatum*) három új ektomikorrhizát írtunk le elsőként (*Hebeloma ammophilum*, *Inocybe heimii*, „*Helianthemirhiza hirsuta*”).

A száraz, homokos talajú alföldi nyárasokból (Tomba és Kelebia) összesen több mint 70 különböző ektomikorrhizát különítettünk el. Ezekből a 14 leggyakoribb morfortípust faji vagy nemzetségi szinten meghatároztuk és hat új ektomikorrhizát írtunk le (*Lactarius controversus*, *Russula amoenolens*, *Scleroderma bovista*, *Tomentella pilosa*, *Tomentella subtestacea*, *Tuber rapaeodorum*.). Ezekben az erdőkben a sötétbarna-fekete tomentelloid mikorrhizák fordultak elő a legnagyobb arányban, de gyakoriak voltak a szárazsághoz adaptálódott, rhizomorfás boletoid (*Xerocomus armeniacus*, *Scleroderma bovista*) és russuloid mikobionták (*Lactarius controversus*, *Russula amoenolens*), valamint a földalatti *Tuber* nemzetség ektomikorrhizái is.

A püspökladányi szolonyeces-szíkes talajú telepített tölgyesekből összesen 30 ektomikorrhiza morfortípust különítettünk el, ezek közül tizenkettőt határoztunk meg faji-nemzetségi szinten és két új mikorrhizát írtunk le („*Quercirhiza albo-violacea*”, *Xerocomus lanatus*). A mikorrhiza-közösség legnagyobb arányban előforduló morfortípusai ezen a területen a nyálkás köpenyű russuloid mikorrhizák (a *R. foetens* csoport fajai) voltak, de gyakoriak voltak a barna-fekete tomentelloid és a *Humaria-Genea*-típusú ektomikorrhizák is.

A tompa-kelebiai és a püspökladányi erdőkben eddig azonosított morfortípusokra vonatkozóan könnyen vizsgálható mikromorfológiai tulajdonságok alapján mikorrhiza határozókulcsot készítettünk, ami alapot adhat a területek ektomikorrhizáinak részletesebb kvantitatív-ökológiai vizsgálatához.

A hazai bükkösökben (Bükk, Mátra, Őrség) megkezdett, folyamatban lévő hosszútávú vizsgálataink során 35 talajmintát dolgoztunk fel, amelyekből több, mint négyszáz egyedi ektomikorrhizát különítettünk el. Eddigi eredményeink alapján megállapítható, hogy a bükkösökben gyűjtött minták között az alföldi tölgyesekben és nyárasokban gyakoribb sötét színű (főként tomentelloid) ektomikorrhizákkal szemben a világos köpenyű (elsősorban *Lactarius*) mikorrhizák dominálnak. A *Lactarius* és a *Russula* mikorrhizákat mindegyik mintaterületen több EM morfortípus képviseli. A három bükkös állományban ugyanazok a nagyobb abundanciával és fajszámmal előforduló taxonok és ektomikorrhiza morfortípusok (boletoidok és tomentelloidok, *Lactarius*, *Russula*, *Cortinarius*, *Hebeloma*, *Humaria*, *Inocybe*, *Tuber*) szerepelnek és vannak közösen előforduló fajok is (pl. *Piloderma croceum*, *Byssocorticium atrovivens*), az azonos morfortípus-csoportokon belül az egyes mikorrhizaközösségek faji összetétele azonban markánsan különbözik. A tomentelloidokat összesen tíznél több morfortípus képviseli, de eddig még csak a bükki mintákból vannak fajra meghatározott mikorrhizáink (*Tomentella atroarenicolor*, *T. galzinii*, *T. pilosa*, *T. ramosissima*, *T. stuposa*). Feltűnően sok hipogéikus termőtestű tömlős taxon ektomikorrhizái is előkerültek a bükk gyökerekről (*Cenococcum geophilum*, *Humaria*, *Genea*, *Hymenoscyphus*, *Pachyphloeus*, *Tuber*).

3. A hazai erdők tomentelloid ektomikorrhizái

A magyarországi lombos erdőkben 1998 óta végzett ektomikorrhiza-vizsgálatok igazolták, hogy a tomentelloidok közönséges és gyakori tagjai a hazai erdei életközösségeknek. Munkánk során 30 különböző tomentelloid ektomikorrhizát különítettünk el alföldi nyárasokból, 18-at alföldi tölgyesekből és 28-at találtunk a bükki Őserdőben. Magyarországi lelőhelyekről eddig összesen kilenc

különböző *Tomentella* ektomikorrhizáról közzeltünk morfológiai-anatómiai leírást és képdokumentációt. Az ektomikorrhizák meghatározását a magi rDNA ITS régiójának szekvenciáin alapuló filogenetikai analízis segítségével végeztük, ismert termőtestekből származó génbanki szekvenciákkal összehasonlítva. Saját eredményeink és irodalmi adatok alapján ismertetjük és bemutatjuk a *Tomentella* ektomikorrhizák általános morfológiai-anatómiai jellemzőit és összehasonlítjuk az egyes fajok differenciáló bélyegeit.

4. Javaslatok a mesterséges mikorrhizák hazai alkalmazására

A mesterséges mikorrhizáknak az erdőtelepítésben való alkalmazása gazdasági és környezetvédelmi szempontból is fontos. Hazai viszonylatban, különös tekintettel az éghajlatváltozásra, elsősorban a száraz talajú, mezőgazdasági művelésből kivont alföldi területek erdősítésben volna jelentős szerepe ennek a technológiának. A megfelelő mikorrhizás inokulumok előállítására a helyben izolált gombafajok mind eredményességi, mind természetvédelmi szempontból jobbak lehetnek a tájidegen fajokat tartalmazó, import oltóanyagoknál. Ehhez azonban szükséges a területeken őshonos vagy jól adaptálódott erdőtípusok természetes mikorrhizaközösségeinek megismerése. Az alföldi erdőkben végzett vizsgálataink alapján a fehér nyár telepítéséhez a területről származó *Tuber rapaeodorum*, *Xerocomus armeniacus*, *Scleroderma bovista* és *Hebeloma ammophilum* fajokból készült oltóanyagok előállítását javasoljuk, mivel ezek a fehér nyár gyakori mikorrhizapartnerei a régióban. Ezek a fajok egyben olyan nemzetségek képviselői, amelyeknek mesterséges mikorrhizák kialakítására való alkalmasságát kiterjedt szakirodalom és gazdag nemzetközi tapasztalatok igazolják. Vizsgálataink alapján a tölgyekkel való újraerdősítéshez az Alföldön a szintén alkalmasnak látszó *Tuber rapaeodorum* mellett a *Xerocomus lanatus*t javasoljuk.

III. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ SAJÁT KÖZLEMÉNYEK

- Jakucs E (1997) Az eddig ismert magyarországi tölgymikorrhizák határozókulcsa. Mikol Közlem 36: 35-38
- Jakucs E, Agerer R, Bratek Z (1997) “*Quercirhiza fibulocystidiata*” + *Quercus spp.* Descr Ectomyc 2: 67-72
- Jakucs E (1998) “*Fagirhiza vermiculiformis*” + *Fagus sylvatica* L. Descr Ectomyc 3: 7-11
- Jakucs E, Bratek Z, Agerer R (1998) *Rhizopogon vulgaris* var. *intermedius* Svrcek + *Pinus nigra* Arn Descr Ectomyc 3: 111-116
- Jakucs E, Bratek Z, Agerer R (1998) *Genea verrucosa* Vitt. + *Quercus robur* L. Descr Ectomyc 3: 19-23
- Jakucs E, Magyar L, Beenken L (1999) *Hebeloma ammophilum* Bohus + *Fumana procumbens* (Dun.) Gr. Godr. Descr Ectomyc 4: 49-54
- Jakucs E, Beenken L (1999) *Russula amoenolens* Romagn. + *Populus alba* L. Descr Ectomyc 4: 115-119
- Jakucs E, Agerer R (1999) *Scleroderma bovista* Fr. + *Populus alba* L. Descr Ectomyc 4: 121-126
- Jakucs E, Agerer R (1999) *Tomentella pilosa* (Burt.) Bourdot & Galzin + *Populus alba* L. 4: 135-140
- Magyar L, Beenken L, Jakucs E (1999) *Inocybe heimii* Bon + *Fumana procumbens* (Dun.) Gr. Godr. Descr 4: 61-65
- Jakucs E (2001) “*Quercirhiza albo-violacea*” + *Quercus robur* L. Descr Ectomyc 5: 61-65.
- Jakucs E, Majoros É, Beenken L (2001) *Lactarius controversus* Pers. + *Populus alba* L. Descr Ectomyc 5: 55-59.
- Jakucs E, Agerer R (2001) *Tomentella subtestacea* Bourdot & Galzin + *Populus alba* L. Descr Ectomyc 5: 213-219.
- Jakucs E, Beenken L (2001) *Xerocomus lanatus* (Rostk.) Sing. + *Quercus cerris* L. Descr Ectomyc 5: 221-225.
- Kovács GM, Jakucs E (2001) “*Helianthemirhiza hirsuta*” + *Helianthemum ovatum* (Viv.) Dun. Descr 5: 49-53.
- Köljalg U, Jakucs E, Bóka K, Agerer R (2001) Three ectomycorrhizae with cystidia formed by different *Tomentella* species as revealed by rDNA ITS sequences and anatomical characteristics. Folia Cryptog. Estonica 38: 27-39.
- Kovács GM, Jakucs E, Manjón JL, Esteve-Raventós F Díez J (2002) *Cortinarius hinnuleus* Fr. + *Betula celtiberica* Rothm. et Vase. Descr Ectomyc 6: 7-11
- Jakucs E (2002) *Tomentella pilosa*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 141. Einhorn VI. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Russula amoenolens*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 142. Einhorn VI. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Lactarius controversus*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 143. Einhorn VI. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Scleroderma bovista*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 144. Einhorn VI. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Hebeloma ammophilum*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 145. Einhorn VI. GmbH, Schwäbisch Gmünd)

- Jakucs E (2002) *Inocybe heimii*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 146. Einhorn Vt. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Tomentella subtestacea*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 147. Einhorn Vt. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) „*Quercirhiza alboviolaceae*”. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 148. Einhorn Vt. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) *Xerocomus lanatus*. (in: Agerer R (ed.) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. plate 149. Einhorn Vt. GmbH, Schwäbisch Gmünd)
- Jakucs E (2002) Ectomycorrhizae of *Populus alba* L. in South Hungary. Phytotaxa 42: 199-210
- Jakucs E. (2003) A mikorrhizák erdészeti alkalmazásának perspektívái és veszélyei. Erdészeti Lapok 138: 136-137.
- Jakucs E, Csiha I (2002-2004) Ektomikorrhiza vizsgálatok alföldi tölgyesekben. Erdészeti Kutatások 91: 39-49
- Jakucs E (2005) Mikorrhizák alkalmazása az agráriumban I. A mikorrhizák szerepe a természetes és mesterséges ökoszisztémákban. Gyakorlati Agrofórum 16 : 56-58
- Jakucs E, Kovács GM, Agerer R, Romsics C, Erős Z (2005) Morphological-anatomical characterization and molecular identification of *Tomentella stuposa* ectomycorrhizae and related anatomotypes. Mycorrhiza 15: 247-258
- Jakucs E, Kovács GM, Szedlay G, Erős-Honti Zs (2005) Morphological and molecular diversity and abundance of tomentelloid ectomycorrhizae in broad-leaved forests of the Hungarian Plain. Mycorrhiza 15: 459-470
- Jakucs E, Barna T (2006) Mikorrhizák alkalmazása az agráriumban IV. Az ektomikorrhizák erdészeti célú felhasználása. Gyakorlati Agrofórum 17: 75-78
- Jakucs E, Kovács GM (2006) Mikorrhizák alkalmazása az agráriumban (VI). A mesterséges mikorrhizálás hazai alkalmazásának lehetőségei és problémái Gyakorlati Agrofórum 17: 74-74
- Kovács GM, Jakucs E (2006) Morphological and molecular comparison of white truffle ectomycorrhizae. Mycorrhiza 16: 567-574
- Kovács GM, Jakucs E, Bagi I (2007) Identification of host plants and description of sclerotium of sclerotia of the truffle *Mattirolomyces terfezioides*. Mycological Progress 6: 19-26
- Erős-Honti Z, Kovács GM, Szedlay G, Jakucs E (2008) Morphological and molecular characterization of *Humaria* and *Genea* ectomycorrhizae from Hungarian deciduous forests. Mycorrhiza 18: 133-143
- Jakucs E, Erős-Honti Z (2008) Morphological-anatomical characterization and identification of *Tomentella* ectomycorrhizas. Mycorrhiza 18: 277-285